

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Современные технологии на ТЭС**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крашенинников С.М.
	Идентификатор	R2ad74882-KrashenninnikSM-da33a2

С.М.  
Крашенинников

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.  
Шацких

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования
- ИД-5 Знает современные технологии, применяемые при производстве тепловой и электрической энергии, при подготовке топлива и теплоносителей на ТЭС

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест №2. «Основные системы ПГУ» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа по курсу (Контрольная работа)
2. Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭЦ (Контрольная работа)
3. Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ» (Тестирование)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	14	16
Введение. Основные критерии тепловой эффективности.					
Основные критерии тепловой эффективности	+	+			
Основные типы установок высокой эффективности					
Основные типы установок высокой эффективности	+	+			
Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем					
Способы совершенствования энергетических газотурбинных установок и их тепловых схем	+	+			
Температурные графики теплосети и их особенности.					
Температурные графики теплосети и их особенности.	+	+			

ГТУ-ТЭЦ. Виды, основные схемы исполнения и особенности их работы.				
ГТУ-ТЭЦ. Виды, основные схемы исполнения и особенности их работы.	+	+		+
Понятие ПГУ-КЭС				
Понятие ПГУ-КЭС			+	+
Одноконтурные ПГУ-КЭС				
Одноконтурные ПГУ-КЭС			+	+
Двухконтурные ПГУ-КЭС				
Двухконтурные ПГУ-КЭС			+	+
Трехконтурные ПГУ-КЭС. Применение промежуточного перегрева пара.				
Трехконтурные ПГУ-КЭС. Применение промежуточного перегрева пара.			+	+
ПГУ-ТЭЦ				
ПГУ-ТЭЦ			+	+
Вес КМ:	10	30	20	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-5 <sub>ПК-2</sub> Знает современные технологии, применяемые при производстве тепловой и электрической энергии, при подготовке топлива и теплоносителей на ТЭС	Знать: типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергетических установок высокой эффективности, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях методики оптимизации тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин,	Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ» (Тестирование) Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭЦ (Контрольная работа) Тест №2. «Основные системы ПГУ» (Тестирование) Контрольная работа по курсу (Контрольная работа)

		<p>котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок на базе ПГУ, параметрах основного и вспомогательного оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</p> <p>проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок на базе ГТУ, параметрах основного и вспомогательного</p>	
--	--	--	--

		оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест 1 «Повышение эффективности ГТУ»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается ответить на тест из 18 вопросов

**Краткое содержание задания:**

Выполнить тест 1 «Повышение эффективности ГТУ»

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методики оптимизации тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что оказывает наибольшее влияние на экономичность ГТУ?</li><li>2.Как изменятся основные характеристики энергетической ГТУ с увеличением температуры наружного воздуха <math>T_{нв}</math> при <math>T_{нт}=\text{const}</math>?</li><li>3.Как называются вращающиеся лопатки в осевом компрессоре?</li><li>4.Как изменится избыток воздуха при повышении начальной температуры</li><li>5.По какому признаку разделяются энергетические ГТУ по поколениям?</li></ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ниже порогового уровня.

### КМ-2. Способы повышения тепловой экономичности газотурбинных установки и оптимизация схем ГТУ ТЭЦ

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа. Время выполнения 0 часов 45 мин

**Краткое содержание задания:**

Задание	Балл
1) Способы повышения тепловой экономичности ГТУ. Карнотизация термодинамических циклов ГТУ.	10
2) Поясните, каким образом параметры наружного воздуха оказывают влияние на работу ГТУ с промежуточным охлаждением и почему.	15
3) ГТУ со ступенчатым подводом тепла в цикл. Основная идея, цикл, показатели тепловой экономичности.	15
4) Газотурбинная установка работает в схеме с дожиганием топлива перед КУ. Параметры продуктов сгорания на выходе из ГТУ: температура $t_{кт}=400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , расход $G_{кт}=150\text{ кг/с}$ , расход топлива в камеру сгорания – $2,58\text{ кг/с}$ , расход топлива на дожигание $1,1\text{ кг/с}$ . Топливо – природный газ $c=49,01\text{ МДж/кг}$ . Определить температуру дожигания. Все остальные необходимые величины принять.	30
5) Газотурбинная установка, работающая по циклу с подводом теплоты при $P=\text{const}$ , работает с регенерацией. Параметры установки:  $P_k = 10$ , температура наружного воздуха $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура перед ГТ $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , степень регенерации $0,7$ , внутренние относительные КПД турбины $0,88$ и компрессора $0,85$ . Построить цикл в T-S диаграмме и рассчитать внутренний КПД ГТУ. Принять, что рабочее тело обладает свойствами воздуха. Показатель адиабаты $k$ принять равным $1.4$ .	30

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методики оптимизации тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности	1.Способы повышения тепловой экономичности ГТУ. Карнотизация термодинамических циклов ГТУ.
Уметь: проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок на базе ГТУ, параметрах основного и вспомогательного оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС	1.Газотурбинная установка работает в схеме с дожиганием топлива перед КУ. Параметры продуктов сгорания на выходе из ГТУ: температура $t_{кт}=400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , расход $G_{кт}=150\text{ кг/с}$ , расход топлива в камеру сгорания – $2,58\text{ кг/с}$ , расход топлива на дожигание $1,1\text{ кг/с}$ . Топливо – природный газ $c=49,01\text{ МДж/кг}$ . Определить температуру дожигания. Все остальные необходимые величины принять. 2.Газотурбинная установка, работающая по циклу с подводом теплоты при $P=\text{const}$ , работает с регенерацией. Параметры установки:  $P_k = 10$ , температура наружного воздуха $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура перед ГТ $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , степень регенерации $0,7$ , внутренние относительные КПД турбины $0,88$ и компрессора $0,85$ . Построить цикл в T-S диаграмме и

рассчитать внутренний КПД ГТУ. Принять, что рабочее тело обладает свойствами воздуха. Показатель адиабаты  $k$  принять равным 1.4.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения задания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения задания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания:* Ниже порогового уровня.

**КМ-3. Тест №2. «Основные системы ПГУ»**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается письменно ответить на билеты тестового образца. Время на задание - 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

**Вариант 1.**

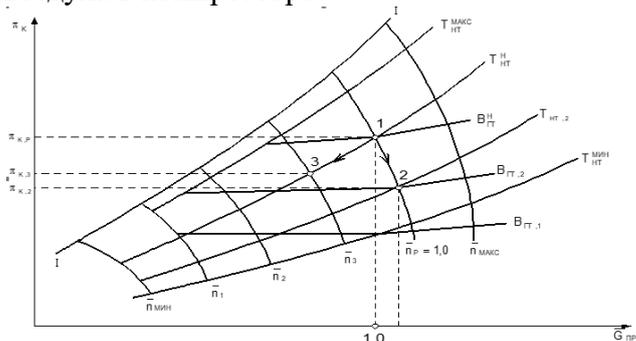
1. Требуется ли установка дожимного компрессора топливного газа при подаче топлива в ГТУ?

А. Нет, не требуется.

Б. Всегда устанавливается.

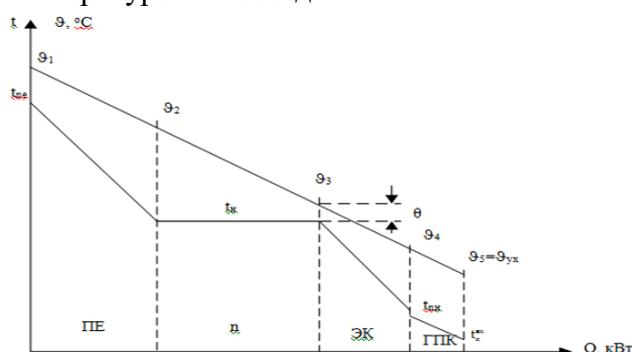
В. Зависит от давления газа поступающего в ГТУ.

2. Какая точка на диаграмме соответствует воздействию на топливные клапаны с возрастанием расхода рабочего тела и уменьшением степени повышения давления воздуха в компрессоре.



А. Точка «1».

- В. Точка «2».
- С. Точка «3».
- 3. Использование ВНА соответствует:
  - А. Качественному регулированию
  - В. Количественному регулированию
  - С. Качественно - количественному регулированию
- 4. Использование какого цикла позволяет достигать электрического КПД до 60%
  - А. Брайтона-Миллера
  - В. Брайтона-Ренкина.
  - С. Ренкина-Отто
- 5. Имеют ли паротурбинные установки в составе схем ПГУ с котлом-утилизатором систему регенерации?
  - А. Всегда имеют. Она повышает экономичность.
  - В. Все зависит от климатических условий.
  - С. Как правило не имеют.
- 6. Как изменится температура на выходе из котла-утилизатора  $\theta_5$  при повышении температуры на выходе из ГТУ  $\theta_1$ ?



- А. Уменьшится
- В. Увеличится
- С. Не изменится

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергетических установок высокой эффективности, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях

- 1. Требуется ли установка дожигного компрессора топливного газа при подаче топлива в ГТУ?
- 2. Использование какого цикла позволяет достигать электрического КПД до 60%
- 3. Как изменится температура на выходе из котла-утилизатора  $\theta_5$  при повышении температуры на выходе из ГТУ  $\theta_1$ ?

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Ниже порогового уровня.

#### **КМ-4. Контрольная работа по курсу**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа. Время выполнения 1 час 30 мин

**Краткое содержание задания:**

Задание	Балл	
	Max	Факт
1) Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.	10	
2) Изменение начальных параметров газов ГТУ под действием внешних факторов. Привести пример графика влияния температуры наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ	10	
3) Основные характеристики ГТУ открытого типа: работа ГТ, ОК и ГТУ, график зависимости работы ГТУ от степени повышения давления	10	
4) Для газотурбинной установки открытого цикла ( $\eta_{гт}=0,9$ , $\eta_{к}=0,85$ ) определить значения термического КПД $\eta_t$ и коэффициента полезной работы $j$ при температуре газа перед газовой турбиной $t_{01} = 1200$ °С, воздуха перед компрессором $t_{0к} = 15$ °С и степени повышения давления $p_k = 35$	10	
5) Рассчитать электрическую мощность ПТУ и расход пара на деаэратор в тепловой схеме ПГУ с одноконтурным котлом-утилизатором, предусмотреть установку ГПК. Нарисовать тепловую схему. Расход перегретого пара 50 кг/с, давление перегретого пара 7,5 МПа, температура перегретого пара 550 °С, КПД ПТУ 0,86, давление в конденсаторе – 10 кПа, давление в деаэраторе – 0,12 МПа.	20	
6) Определить значения тепловой нагрузки пароперегревателя КУ для следующих условий: $D_{пе}=75$ кг/с; $P_6=7$ МПа; $T_{КТ}=550$ °С, расчеты произвести для двух значений температурного напора на горячем конце пароперегревателя: $Q_{пе} = 20$ и 40 оС. Привести схему узла КУ (ПЕ+И) и Q, T-диаграмму. Необходимые дополнительные величины – принять.	20	
7) Определить максимальную тепловую нагрузку ГВТО и расход сетевой воды, если известны следующие величины: $G_{кт}=120$ кг/с; $T_{КТ}=516$ оС; температура прямой сетевой воды $T_{пр}=120$ оС; температура обратной сетевой воды $T_{об}=55$ оС, охлаждение газов в КУ до 80 °С. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания ( $\beta_{г}=1,20$ ; $m_{г}=28,0$ ).	20	

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергетических установок высокой эффективности, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС в ТЭЦ и КЭС исполнениях</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.</li> <li>2.Изменение начальных параметров газов ГТУ под действием внешних факторов. Привести пример графика влияния температуры наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ</li> <li>3.Основные характеристики ГТУ открытого типа: работа ГТ, ОК и ГТУ, график зависимости работы ГТУ от степени повышения давления</li> </ol>
<p>Уметь: проводить технические расчеты по проектам современных энергетических установок на базе ПГУ, параметрах основного и вспомогательного оборудования с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического оборудования, представлять результаты расчетов и проектов тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Рассчитать электрическую мощность ПТУ и расход пара на деаэрактор в тепловой схеме ПГУ с одноконтурным котлом-утилизатором, предусмотреть установку ГПК. Нарисовать тепловую схему. Расход перегретого пара 50 кг/с, давление перегретого пара 7,5 МПа, температура перегретого пара 550 °С, КПД ПТУ 0,86, давление в конденсаторе – 10 кПа, давление в деаэракторе – 0,12 МПа.</li> <li>2.Определить значения тепловой нагрузки пароперегревателя КУ для следующих условий: <math>D_{пе}=75</math> кг/с; <math>P_6=7</math> МПа; <math>T_{КТ}=550</math>оС, расчеты произвести для двух значений температурного напора на горячем конце пароперегревателя: <math>Q_{пе} = 20</math> и <math>40</math> оС. Привести схему узла КУ (ПЕ+И) и Q,T-диаграмму. Необходимые дополнительные величины –принять.</li> <li>3.Определить максимальную тепловую нагрузку ГВТО и расход сетевой воды, если известны следующие величины: <math>G_{кт}=120</math> кг/с; <math>T_{КТ}=516</math> оС; температура прямой сетевой воды <math>T_{пр}=120</math> оС; температура обратной сетевой воды <math>T_{об}=55</math> оС, охлаждение газов в КУ до 80 °С. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания (<math>b_{г}=1,20</math>; <math>m_{г}=28,0</math>).</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Ниже порогового уровня*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.

Для газотурбинной установки открытого цикла ( $\eta_{гт}=0,9$ ,  $\eta_{к}=0,85$ ) определить значения термического КПД  $\eta_t$  и коэффициента полезной работы  $j$  при температуре газа перед газовой турбиной  $t_{01} = 1200$  °С, воздуха перед компрессором  $t_{0к} = 15$  °С и степени повышения давления  $p_k = 35$ .

Определить максимальную тепловую нагрузку ГВТО и расход сетевой воды, если известны следующие величины:  $G_{кт}=120$  кг/с;  $T_{КТ}=516$  оС; температура прямой сетевой воды  $T_{пр}=120$  оС; температура обратной сетевой воды  $T_{об}=55$  оС, охлаждение газов в КУ до 80 °С. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания ( $\nu_{г}=1,20$ ;  $m_{г}=28,0$ ).

### Процедура проведения

Экзамен производится устно по билетам. Билеты содержат теоретические вопросы на проверку знаний, теоретические вопросы на проверку умений, а также практические задачи на проверку умений. В аудиторию приглашается группа студентов, после чего им раздаются в случайном порядке билеты с заданием. На подготовку к усному ответу студентам дается 45 минут, раздаточный материал подготавливается заранее. Использование каких-либо сторонних источников информации не допускается. После истечения времени (или по досрочной готовности студента) - начинается усный опрос в паре с преподавателем, нацеленный на проверку знаний и умений студента.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-2</sub> Знает современные технологии, применяемые при производстве тепловой и электрической энергии, при подготовке топлива и теплоносителей на ТЭС

### Вопросы, задания

- 1.Объяснить особенности термодинамического цикла Брайтона энергетической ГТУ, привести ее простейшую схему.
- 2.От каких показателей зависит повышение абсолютного внутреннего КПД энергетической ГТУ?
- 3.Объяснить назначение основных элементов конструкции осевого компрессора.
- 4.Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.
- 5.Назвать методы, улучшающие экологические характеристики камер сгорания ГТУ.
- 6.Что определяет избыток воздуха за камерой сгорания ГТУ? Его влияние на характеристики ГТУ.
- 7.Почему в конструкциях ГТУ отдается предпочтение встроенным, а не выносным камерам сгорания?

8. Пояснить, как изменяются начальные параметры газов ГТУ под действием внешних факторов.
9. Назначение системы охлаждения горячих деталей газовой турбины ГТУ.
10. Почему изменяется температура уходящих газов газовой турбины под действием различных факторов?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Способы регулирования электрической нагрузки ГТУ.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос

Верный ответ: Качественный и количественный. Расходом воздуха и расходом топлива.

2. Охлаждение элементов конструкции ГТУ. Основные типы и способы охлаждения лопаточного аппарата.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос

Верный ответ: В первую очередь необходимо охлаждать части в камере сгорания и лопаточный аппарат первых ступеней. Для этого используется подача охлаждающей среды (воздух или впрыск воды/пара), применяются керамико-металлические материалы и пористые защитные поверхности.

3. Простейшая тепловая схема ПГУ с КУ. Термодинамический цикл Брайтона-Ренкина. Основные особенности и показатели ПГУ. Конструкция одноконтурного КУ, Q, T-диаграмма теплообмена.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы и схемы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Приведена корректная схема ПГУ с КУ, даны подписи. Для неё приведен корректный цикл Брайтона-Ренкина. Для данной ПГУ приведена Q, T-диаграмма теплообмена КУ и даны пояснения всем процессам.

4. Привести пример графика влияния температуры наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Нарисовать цикл Брайтона для двух температур, пояснить различия.

5. Особенности паровых турбин в составе ПГУ КЭС с КУ.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос.

Верный ответ: Корректно устно ответить на вопрос, в том числе указать, что турбины работают на скользящих параметрах и их показатели зависят от работы ГТУ.

Параметры турбин для ПГУ имеют относительно низкие значения по давлению.

Турбины на ПГУ могут быть многоконтурными.

6. Объяснить влияние впрыска воды на показатели работы энергетической ГТУ.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос.

Верный ответ: Корректно устно ответить на вопрос, указав, что впрыск меняет состав дымовых газов (и следствие этого), а также среднюю температуру среды (следствие этого)

7. Как изменятся параметры режима работы энергетической ГТУ при условии снижения температуры наружного воздуха ( $T_{нт} = \text{const}$ )?

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Нарисовать цикл Брайтона для двух температур, пояснить различия.  
8. Принципиальная тепловая схема ПГУ КЭС утилизационного типа: принцип работы, состав и назначение элементов.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы и схемы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Приведена корректная схема ПГУ с КУ, даны подписи. Для неё приведен корректный цикл Брайтона-Ренкина.

9. Цикл Брайтона-Ренкина для ПГУ КЭС утилизационного типа.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Приведен корректный цикл Брайтона-Ренкина со всеми подписями, процессами. Приведены различные его варианты.

10. Принцип работы ГТУ-ТЭЦ, способы регулирования тепловых нагрузок на ГТУ-ТЭС, состав и назначение оборудования.

Ответы:

Корректно устно ответить на вопрос. Необходимые циклы и схемы кратко принципиально нарисовать.

Верный ответ: Приведена корректная схема ГТУ-ТЭЦ, даны подписи. Для неё приведен корректный цикл Брайтона.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответы даны верно, логически обоснованы.

Студент правильно объясняет полученные результаты и отвечает на дополнительные вопросы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки, либо огрешности.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Основная часть задания выполнена верно.

Студент затрудняется интерпретировать полученные результаты и/или отвечает на дополнительные вопросы частично.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Основная часть задания выполнена верно.

Студент не может интерпретировать полученные результаты и/или не может дать ответ на дополнительные вопросы. Студент получил верные результаты, но не может их повторить, при изменении вводов.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.